

臺灣熱帶果樹肥培管理之研究與展望

張淑賢

行政院農業委員會國際合作處

摘要

果樹之營養狀況與果實產量及品質之關係密切，任一營養要素過多或不足，均影響果實產量與品質。如何正確掌握果園之土壤肥力與樹體營養現況，並據以擬定經濟合理的施肥措施，遂成為土壤肥料試驗研究之重要課題。

多年生果樹之樹體營養狀況受氣候、品種、樹齡、產量、土壤肥力及歷年之栽培管理方式等因素所影響，因此個別果園之肥料需要量並不相同，必須借助土壤及植體分析技術以診斷該果園之營養狀況，並參考過去該園之施肥記錄才能決定其經濟合理施肥量。

本篇係就目前臺灣有關香蕉、蓮霧、芒果、荔枝、番荔枝、及印度棗等六種重要經濟熱帶果樹之土壤與肥培管理、土壤及葉片分析營養診斷技術之研究成果進行文獻回顧，並就未來工作展望及相關研究經驗提供個人淺見供參。

關鍵詞：熱帶果樹、香蕉、蓮霧、芒果、荔枝、番荔枝、印度棗、葉片分析、土壤分析、營養診斷、肥培管理

前言

臺灣地處亞熱帶，氣候高溫多雨，適合多種熱帶及亞熱帶果樹之生產，因此，經濟栽培之果品種類高達 30 餘種。2001 年各類果品之總種植面積達 222,413 公頃，總產量達 2,567,851 公噸。其中，香蕉、蓮霧、芒果、荔枝、龍眼、番石榴、番荔枝、及印度棗等八種重要熱帶果樹之種植面積計 76,951 公頃，占 34.6%；產量計 952,078 公噸，占 37.1%，以台中縣以南及台東縣等為主要產區⁽¹⁾。此等熱帶及亞熱帶水果，除香蕉外，其餘果品均不耐運輸及貯藏，自國外進口之機會較小；且臺灣果農栽培技術精良，果實品質甚佳，深獲國內消費者喜愛，因此，加入 WTO 後，受進口之衝擊較少，甚且有希望外銷至具高價位產品消費能力且運輸距離短之香港、新加坡及中國大陸沿海地區之廣大市場，為少數仍具競爭優勢之農產品。

果樹之營養狀況與果實產量及品質之關係密切，任一營養要素過多或不足，均影響果實產量與品質。而施肥的目的在於補充作物生長所須而土壤供

應不足之營養要素。臺灣果農在過去常僅憑經驗來施肥，因此各類果園常見施肥過量或偏施某一要素肥料之情形，不僅浪費肥料，甚且造成營養要素過多或缺乏之情形^(4, 18)，如何正確掌握果園之土壤肥力與樹體營養現況，並據以擬定經濟合理的施肥措施，遂成為土壤肥料試驗研究之重要課題。多年生果樹之樹體營養狀況受氣候、品種、樹齡、產量、土壤肥力及歷年之栽培管理方式等因素所影響，因此個別果園之肥料需要量並不相同，必須借助土壤及植體分析技術以診斷果園營養狀況，並參考該果園過去之施肥記錄來推薦其經濟合理施肥量，以確保果實收量與品質。

土壤及植體分析營養診斷之步驟包括：田間取樣、樣本調製、室內分析、分析結果解釋、及施肥推薦等，每一步驟均需精確操作，才能達成正確診斷之目標⁽⁶⁾。首先，必須採取具代表性之樣本，而樣品是否具代表性取決於其取樣方法。以果樹為例，其植體營養診斷常以葉片為樣本，因葉片為光合作用之器官，較能反映植株營養狀況；惟其葉片營養要素含量分析值受葉齡、取樣時期、取樣部位(如全葉、葉身、葉柄等)、著生方位(東、西、南、北向)及高度、結果與否、有無新梢生長、遮蔭與否、取樣株數及葉片數目等所影響。因此，必須選擇最能反映植株營養狀況並且與果實產量或品質相關性佳之葉片取樣方法；而採樣之葉片必須容易認定，且採樣時期以葉片要素含量季節性變化最小之時期為宜，並選取適當之採樣株數及葉片數目，以減少取樣誤差。再者，樣品調製時，調製前之貯存時間與溫度、樣品清洗方法、乾燥溫度、及磨碎機之材質等均影響分析值。而分析方法則須注意其測定極限、準確性與再現性。至於分析結果之正確解釋則有賴建立可靠之營養要素適宜(標準)含量範圍或臨界含量，而葉片適宜養分含量之建立，可藉由廣泛的果園調查或施肥量試驗結果而得。最後，適當的施肥推薦必須綜合考量土壤肥力現況、樹齡、栽培密度與結果量等而訂定。

臺灣有關應用土壤及葉片分析技術以進行果園營養與需肥診斷之研究，首先由邱氏等^(12, 13)於柑橘、蘋果、梨等建立葉片分析營養診斷之適宜濃度範圍，其後再由張氏等人^(18, 19, 22)就臺灣栽培面積最廣之椪柑及柳橙等品種進一步以田間試驗加以校準。其間由於果樹之經濟價值日增，各地區之農業改良場亦紛紛就其轄區內重要經濟果樹進行研究，獲致若干成果^(11, 16, 23, 36)。行政院農業委員會更於 1988 年間於農業試驗所成立土壤與植體分析診斷服務中心，購置感應藕合電漿光譜分析儀(ICAP)等更精進快速之分析儀器，由農試所與各地區農業改良場及鄉鎮農會合作，針對柑橘(椪柑、桶柑、柳橙、文旦柚)、梨、葡萄、枇杷、楊桃、芒果、蓮霧、番荔枝等 8 種果樹進行土壤及植體營養分析診斷服務⁽²³⁾，其後各類果樹之葉片分析診斷標準亦不斷依據新的試驗成果予以校準或增訂，據以輔導農民正確合理的施肥，以降低施肥成本，提高果實產量與品質。

2002 年 10 月 31 日欣逢高雄區農業改良場建場百週年慶，筆者應邀就臺灣若干重要經濟熱帶果樹之營養診斷與肥培管理之研究成果進行文獻回顧，並就未來研究展望及研究經驗，提供個人淺見供相關研究人員參考。

研究成果回顧

一、香蕉

香蕉 (*Musa cavendishii* Lamb.)，英名 banana，在臺灣已有二百多年栽培歷史^(4, 15)。自 1950 年代起之數十年間，香蕉曾是我國重要之外銷農產品，其後由於生產成本逐年增高，已失去國際競爭力，近年來台蕉外銷市場僅餘日本。2001 年全台種植面積為 10,263 公頃，產量 204,724 公噸，主要產地為南投縣、及高屏地區等，其中，高屏地區種面積為 4,617 公頃，產量達 108,629 公噸⁽¹⁾。

據文獻^(4, 15)，香蕉適合種植於 pH 值 6.5 左右、質地輕鬆之土壤。林氏⁽⁴⁾曾回顧自日據時代至 1980 年臺灣香蕉之土壤調查與肥培管理之研究文獻。並曾先後於 1953 至 1954 年及 1971 至 1972 年間辦理高屏兩地之蕉區土壤調查。另依據香蕉研究所於高屏地區 12 個專業區之土壤肥力分析結果，其 pH 值在 5.0-7.4 間，僅 2 處在 5.5 以下；有效磷含量 31-173 mg/kg，大部分在 70 mg/kg 以上；交換性鉀、鈣、鎂含量分別為 63-209 mg/kg、710-2,369 mg/kg、76-316 mg/kg。

有關香蕉三要素施肥推薦量之研究⁽⁴⁾，日據時代之研究顯示，每株施用氮素 N：磷酐 P_2O_5 ：氧化鉀 K_2O = 270：270：540 公克，即高鉀之處理，其香蕉較耐貯運。臺灣光復後之 1950 至 1960 年間曾多次進行香蕉施肥量試驗，惟該等試區之香蕉產量每株僅 13-15 公斤（因病害防治不理想所致）。其中，朱氏於 1950 起於屏東連續四年之試驗結果，認每公頃 1,650 株香蕉之施氮量為 200 公斤，而合理之三要素施用比例為 1：1：3。臺肥公司爰據以生產 9：7：23 之 5 號複合肥料供蕉園使用。另朱氏於 1960 起在旗山連續四年之試驗結果，亦建議香蕉單株施氮量為 160 公克，而氧化鉀施用量為 480 公克。另早年設於中興大學之鉀肥研究社於 1956 至 1969 之研究指出，鉀肥之增產效果在三要素中最為顯著，施鉀可使香蕉提早 1 至 2 個月抽穗，使莖周粗大、並提高果實品質，及增加耐貯力等效果。

香蕉研究所其後於 1967 年推薦平地使用 9：7：23 之 5 號複合肥料，而坡地則建議施用 11：5.5：22 之 4 號複合肥料⁽⁴⁾；另潘氏 1975 年之試驗結果指出蕉園土壤有機質含量在 2% 左右，而磷、鉀不缺乏之情況下，每株每年只需施用 2.5 公斤 4 號複肥。其後，香蕉研究所再於 1975 及 1976 年間於屏東地區進行 4 號複合肥料用量試驗，結果顯示只需施用 1.5-2.0 公斤已足夠。

複合肥料之施用，可避免農民偏施某一要素肥料之習慣，初期對香蕉產業貢獻良多，惟果園長期施用單一複合配方肥料，不僅無法配合植株各生長階段之需求及個別蕉園土壤肥力之差異來施肥，且易造成某種需要量較低之要素在土壤中累積之情形。

在有關香蕉之葉片營養要素標準濃度之研究方面，香蕉研究所於 1970 年間^(4, 15)初步研究結果顯示香蕉葉片三要素之臨界濃度分別為 N3.2%，P0.21%，K3.6%。

近年蔣氏等先後針對北蕉⁽³²⁾、TC1-229⁽³⁴⁾、台蕉二號⁽³³⁾及 GGTVC-217⁽³⁵⁾等新育成香蕉品系進行肥料試驗，四個試區土壤之 pH 值均在 7.7-8.2 間，有機質(O.M.)含量在 2.0%左右，而交換性鉀含量均低於 20 mg/kg。試驗結果指出北蕉之施氮量每年每株僅需 205 公克氮素，且少氮可增加櫛架壽命；其餘三品系之香蕉每年僅需施用 1.0 至 1.5 公斤之 4 號複肥，宿根栽培則以每株每年不超過 1 公斤為限。對於嚴重缺鉀之蕉園，則應以土壤及植體分析結果作為增施鉀肥之依據。香蕉植體分析之採樣方法⁽¹⁴⁾係於花芽分化期或抽穗期採取第三新葉中段約 10 公分作為樣本，而抽穗期之葉片要素含量較能反映施肥量。蔣氏等認為花芽分化期之葉片要素含量正常範圍：N 為 3.30-3.50%，P 為 0.18-0.21%，K 為 3.00-4.50%，Ca 為 0.85-1.25%，Mg 為 0.30-0.75%；抽穗期之葉片要素含量正常範圍：N 為 2.50-3.00%，P 為 0.16-0.20%，K 為 3.00-4.00%，Ca 為 1.20-1.70%，Mg 為 0.30-1.00%。

二、芒果

芒果(*Mangifera indica* L.)為原產於印度之熱帶果樹，英名 mango，早由荷蘭人於 1562 年引進臺灣⁽²⁰⁾，已有四百餘年之栽培歷史，其後陸續由美國佛州等地引進愛文等，目前主要栽培品種⁽²⁹⁾有在來芒果、愛文、金煌、凱特、海頓、臺農 1 號及 2 號等。2001 年全臺灣之種植面積 19,679 公頃，產量 212,875 公噸，以臺南縣、高雄縣及屏東縣為三大主要產區，其中高屏地區種植面積計 10,406 公頃，產量 99,847 公噸⁽¹⁾。

有關芒果之三要素施肥推薦量，前農林廳 1996 年編印之「作物施肥手冊」⁽²⁷⁾中由臺南區農業改良場提出依樹齡來施肥，3-4 年生 N:P₂O₅:K₂O=225:75:225 公克/株/年，5-7 年生為 240:160:360 公克/株/年，8-10 年生則為 300:200:450 公克/株/年。此外，羅氏等⁽³⁸⁾於高屏地區坡地芒果園進行液肥滴灌、覆蓋作物等試驗，其結論為以液態肥料配合滴灌之效果優於以人工施用固體肥料；而自然植被覆蓋之效果優於種植百喜草者，而淨耕區最差。

為建立芒果葉片營養診斷標準，卓氏⁽¹¹⁾經於臺南地區愛文芒果園進行試驗調查，建議芒果葉片營養診斷之取樣方法為於盛花期（二月上旬至三月上旬）採取最近成熟之頂梢中段之葉片（此枝條須無花穗亦無新梢生長），而葉

片要素含量適宜範圍：N 為 1.40-1.70%，P 為 0.10-0.15%，K 為 0.90-1.20%，Ca 為 1.00-1.80%，Mg 為 0.20-0.35%。此一適宜濃度範圍仍待進一步加以校準。此外，硼缺乏為臺灣芒果較常發生之營養障礙^(20, 28)，其徵狀為裂果、塊斑、畸形果、果實內部出現褐色硬斑、或水浸狀褐斑，有時則為中心空洞之黑斑，或脫水呈海綿狀。其防治方法可於開花期及小果期噴施 0.25% 硼酸水溶液。

再者，高雄縣六龜鄉果農黃金煌先生以懷特品種為母本，凱特品種為父本，雜交育成金煌 1 號，果實碩大，豐產抗病蟲，且品質優良，深受消費者歡迎，全臺灣栽培面積達 3 千餘公頃⁽²⁹⁾。惟該品種無法在樹上掛熟，須於 8 分熟即採收，倘超過 9 分熟才採收，則果肉內部組織易有劣變現象。1991 年高雄縣六龜鄉嚴重發生金煌芒果採收後果實劣變情形，而失去商品價值，影響果農收益。經初步調查該劣變非因病害所致⁽²⁵⁾，可能與美國佛州芒果常發生之 soft nose 缺鈣徵狀類似。陳氏等⁽²⁵⁾爰於該地區進行三年之田間試驗，結果發現該果實劣變在高氮低鈣情形下容易發生，劣變率與果肉之氮/鈣比有關。渠等發現正常果實中氮含量為 45-104mg/kg，鈣含量為 32-73mg/kg，氮/鈣比值為 1.23-1.50；而異常果實中氮含量為 62-128mg/kg，鈣含量為 16.7-50mg/kg，氮/鈣比值為 2.06-5.90。此外，該果實劣變情形年度間差異很大，1991 年比較嚴重，1992 年劣變程度輕微，而 1993 年之兩期花穗中，僅第二批果實發生劣變。陳氏等⁽²⁵⁾爰經由試驗期間之月累計降雨量資料觀察知，果實肥大期（3-4 月）倘遇乾旱之後再逢雨季，則果實即易發生劣變。此實因鈣的吸收大部分係隨蒸散作用為之，而乾旱或陰雨均不利蒸散作用之進行，以致影響鈣的吸收；而氮素豐足可促進果實生長，則更易造成鈣相對不足，致果實容易產生劣變。陳氏等之試驗結果指出，鈣之補充方法，在酸性土壤除應施用石灰資材外，宜於開花前後另以 0.5% 氯化鈣水溶液行葉面施肥數次。此外，李氏等⁽²⁾亦曾針對金煌芒果果實生育期巨量元素及果肉劣變之關係進行調查，未能獲致確切結論。

三、荔枝

荔枝 (*Litchi Chinensis* Sonn.) 為原產於中國之亞熱帶果樹，英名 litchi，於迴歸線通過之南、北緯 20 至 25 度間均可種植⁽²¹⁾。2001 年全臺灣之栽培面積為 11,889 公頃，產量 79,156 公噸，自新竹以南至高屏地區均有種植，其中臺中、彰化、南投三縣之種植面積合計為 4,955 公頃，高屏地區之種植面積達 4,022 公頃⁽¹⁾。近年來荔枝主要栽培品種有玉荷包、糯米滋及黑葉等。

臺灣有關荔枝之肥培管理研究，最早為羅與林二氏⁽³⁷⁾進行之三要素施肥試驗，以 5 至 9 年生黑葉荔枝為試材，試驗結果顯示其施肥推薦量為氮素(N)、磷酐(P₂O₅)及氧化鉀(K₂O)各均為 250-500 公克/株/年。其後，張氏等⁽¹⁷⁾於 1983

至1986年間於農業試驗所試驗田以黑葉荔枝進行三要素施肥量試驗並進行葉片營養之季節性變化研究，初步結果建議以花芽抽出期（約12月至翌年1月）之抽花枝或結果枝花穗下方之枝梢中段葉片之最長一對小葉為採樣部位，其葉片營養要素含量之適宜範圍：N為1.5-1.9%，P為0.12-0.27%，K為0.7-1.0%，則植株之果實收量及品質均佳。又5月果實肥大期結果枝之P含量倘低於0.11%，則著果率及產量均低；另此時期之葉片鉀含量倘低於0.45%，則影響果實生長且產量銳減。

黃氏等⁽²¹⁾進一步自1997年起調查臺中縣、南投縣市及彰化縣約30處黑葉或糯米滋（為數較少）荔枝園之土壤肥力、葉片營養狀況及果實產量。結果建議以開花期（包括始花期，2至4月）花穗下段一對成熟葉片為採樣部位。其所調查之果園土壤性質如表1，其中有80%為pH值低於5.0之強酸性土壤，其土壤交換性鈣含量低於500mg/kg，及交換性鎂含量低於80mg/kg之果園分別各占74%及70%；又土壤交換性鈣、鎂含量與葉片鈣、鎂含量間顯著具相關性，而氮、磷、鉀則土壤與葉片含量相關性低，此一結果與張氏等^(18, 19)在柑橘園之調查結果相似。各荔枝果園之葉片營養要素含量如表2。在黑葉品種果園葉片分析值與果實產量之關係方面，葉片氮含量與果實產量呈二次式負相關，且當葉片氮含量高於1.90%時，果實產量即降低。至於葉片磷、鎂、鈣及硼含量與果實產量均呈顯著正相關，且此等要素含量分別在0.090%、0.30%、0.90%及25mg/kg以上時，則每株果實產量即通常可達60kg；惟倘分別在0.080%、0.24%、0.60%及20mg/kg以下時，果實產量即低於20kg。據此，黃氏等⁽²¹⁾於參考國內外相關結果後，訂定黑葉荔枝之葉片養分適宜濃度範圍為：N=1.50-1.90%，P=0.12-0.27%，K=0.70-1.00%，Ca=0.60-1.00%，Mg=0.30-0.50%，B=25-60mg/kg，Mn=100-250mg/kg，Fe=50-100mg/kg，Cu=10-25mg/kg，Zn=15-30mg/kg。

林氏等⁽⁵⁾調查高屏地區品質及產量具佳之13處玉荷包荔枝果園土壤化學性值、葉片養分濃度及果實產量。結果顯示，調查果園之土壤pH值範圍4.3-7.2，其中5處低於5.0；有機質含量0.74-2.21%，僅1處之表土大於2.0%；有效性磷含量46-135mg/kg；有效性鉀含量46-198mg/kg，有4處低於80mg/kg；有效性鈣含量194-4,250mg/kg，有3處低於500mg/kg；而有效性鎂含量79-503mg/kg。渠等⁽⁵⁾所推薦之取樣方法與黃氏等⁽²¹⁾相同，均於開花期（2至4月）採取花穗下方之一對成熟葉。而土壤交換性鈣與葉片營養要素含量之相關性，以施基肥前（12月）者最佳，其中又以土壤有機質與葉片氮含量、及土壤與葉片鈣之相關達1%顯著水準。林氏⁽⁵⁾等由葉片養分含量與果實產量之相關分析，暫訂定玉荷包荔枝之葉片養分適宜濃度範圍為：N=0.79-1.30%，P=0.09-0.18%，K=0.35-0.73%，Ca=0.57-1.13%，Mg=0.28-0.40%，Mn=182-409mg/kg，Fe=35-254mg/kg。林氏等所訂之玉荷包葉

片養分適宜濃度範圍與前述黃氏等⁽²¹⁾在黑葉荔枝之結果相較，則其前者所訂之氮、鉀濃度範圍均偏低。此一差異究係因品種所致，亦或調查果園樣本數不足所致，尚待進一步探討。

表 1. 臺灣中部地區 30 處荔枝園之土壤化學性質

Table 1. Soil chemical properties of 30 litchi orchards located in central Taiwan.

Items	pH <5.0	0. M. <2%	Bray' s P ≥25mgkg ⁻¹	Exch. K ≥80mgkg ⁻¹	Exch. Ca <500mgkg ⁻¹	Exch. Mg <80mgkg ⁻¹
Percentage of surveyed Orchards (%)	85	80	60	75	74	70

Source: 黃維廷等, 1998⁽²¹⁾

表 2. 臺灣中部地區黑葉與糯米滋荔枝園開花期葉片養分濃度之平均值與範圍

Table 2. The ranges and means of nutrient concentrations in leaves of Hei-yieh litchi and No-mi-tzu litchi at anthesis (from February to April).

Nutrients		Hei-yieh	No-mi-tzu	Nutrients		Hei-yieh	No-mi-tzu
N	Range	1.48-2.60	1.36-1.90	B	Range	6-67	11-41
	(%) Mean±s.e	1.97±0.24	1.64±0.14		(mg/kg) Mean±s.e	28±13	18±7
	C.V. %	12	8		C.V. %	45	37
P	Range	0.06-0.12	0.05-0.12	Mn	Range	42-889	15-894
	(%) Mean±s.e	0.09±0.01	0.07±0.02		(mg/kg) Mean±s.e	375±263	259±192
	C.V. %	16	21		C.V. %	70	74
K	Range	0.39-1.15	0.22-0.82	Fe	Range	56-196	44-108
	(%) Mean±s.e	0.67±0.19	0.41±0.16		(mg/kg) Mean±s.e	102±29	6±15
	C.V. %	29	40		C.V. %		22
Ca	Range	0.20-1.85	0.22-1.71	Cu	Range	5-31	3-20
	(%) Mean±s.e	0.82±0.40	0.71±0.34		(mg/kg) Mean±s.e	11±5	7±4
	C.V. %	48	48		C.V. %	41	61
Mg	Range	0.16-0.75	0.16-0.47	Zn	Range	10-39	6-21
	(%) Mean±s.e	0.36±0.13	0.30±0.09		(mg/kg) Mean±s.e	21±5	10±3
	C.V. %	37	31		C.V. %	27	35

Source:1. 黃維廷等, 1998⁽²¹⁾

2. Hei-yieh litchi orchards: 22 locations and No-mi-tzu litchi orchards: 8 location.

四、蓮霧

蓮霧(*Syzygium samarangense* (Blume) Merrill et L. M. Perry)原產馬來半島，英名 wax apple，早在 17 世紀由荷蘭人自爪哇引入台灣。早期蓮霧皆屬庭院式種植，栽培面積自 1976 年起大幅增加，主要由於品種改良及產期調節技術成功開發，大幅提昇果實品質，而近年更有所謂「黑珍珠」、「黑鑽石」蓮霧之生產，栽培利潤大幅提昇。2001 年全臺灣種植面積為 8,035 公頃，產量達 94,034 公噸，高屏地區為主要產區，種植面積 7,227 公頃，產量 82,502 公噸⁽¹⁾。

高雄區農業改良場為輔導農民正確合理施肥，連續進行多項試驗，以探討其肥培管理及葉片營養診斷技術。蔡氏⁽³⁰⁾於粘板岩老沖積土蓮霧園，連續三年進行氮肥用量試驗，結果顯示，四年生蓮霧樹體之需氮量為 800 公克，當施氮量高於 1.6 公斤/株時，植株生長量、果實產量、單果重及口感等均遞減，而糖度增加(如表 3.)。而施氮量愈高，其使土壤 pH 值降低之幅度愈高。蔡氏⁽³¹⁾續以該果園探討蓮霧葉片營養診斷之取樣方法與標準濃度，結果顯示，以 11 月間所採之夏老葉為最適宜之取樣部位，而葉片氮素濃度臨界值為 $1.56 \pm 0.11\%$ 。

陳、王二氏⁽²⁴⁾調查 284 處蓮霧果園之土壤及葉片，以優良果園之葉片分析平均值，並實地觀察果園之生長情形，暫定適宜之葉片養分濃度如表 4.。惟陳氏等所建議之採樣時期為八至九月上旬及吊鐘期(幼果期)各採取第 2 或第 3 葉成熟葉，此與前述蔡氏⁽³¹⁾之建議時間不同。

洪氏等⁽¹⁴⁾於 1995 至 1997 三年間於屏東龍井鄉粗砂質地土壤探討蓮霧強剪除葉後肥培管理技術，試驗處理 N 為 1.2、1.8、2.4、3.0 公斤/株/年四變級； P_2O_5 為 1.2、2.4 公斤/株/年二變級。試驗結果顯示，在每株施用 20 公斤之豬糞堆肥或羊糞堆肥之下，最適施肥量 $N:P_2O_5:K_2O = (1.8-2.4):1.2:1.2$ 公斤/株/年。而氮素有提高每果粒重之效果。

另陳氏等⁽²⁴¹⁾於強酸性砂質壤土蓮霧園進行施用硫酸鎂(2 公斤/株)、粗鹽(2 公斤/株)、矽酸爐渣(20 公斤/株)、噴施 0.2%硫酸錳及 0.2%硼酸溶液等之試驗，結果顯示每株施用矽酸爐渣可提高土壤 pH 值 1 單位，並提高葉片中錳含量。各處理中，以同時加施各處理者提高果實糖度之效果最佳，糖度可達 9.25°Brix ，而三要素區僅 6.75°Brix ；而加施硫酸鎂或矽酸爐渣可提高 1°Brix ；至加施硫酸鎂及噴施 0.2%硫酸錳亦可提高糖度至 8.4°Brix 。

此外，陳氏等⁽²⁶⁾亦於屏東九如鄉探討連續四年施用雞糞及豬糞醱酵有機質肥料等處理對蓮霧生育、品質及土壤性質之影響，結果顯示，施用半量有機質肥料(全量為 $N:P_2O_5:K_2O = 1.63-1.81-1.52$)及半量化學肥料(全量為 $N:P_2O_5:K_2O = 1.6-1.8-1.8$)處理之果實產量與施用全量有機肥、多量有機肥、或

全量化學肥料處理者無顯著差異，其產量均在 99.2-118.5 公斤/株之間。而僅施用半量有機肥之處理則產量明顯降低。故以降低施肥成本而言，應推薦農民使用半量有機肥配合半量化學肥。

表 3. 施氮量對蓮霧果實收量、糖度與果粒重之影響

Table 3. Effect of the rates of fertilizer N on the sugar content, fruit weight and yield of wax apple.

Rate of N applied (kg N/tree/yr)	Sugar content (°Brix)			Fruit weight (g/fruit)			Yield (Kg/tree)		
	1985	1986	1987	1985	1986	1987	1985	1986	1987
0	5.93	5.19	5.69	78.6	73.5	84.2	82.9	105.1	66.4
0.8	6.08	5.26	5.61	77.4	74.9	85.6	99.8	106.2	66.3
1.6	5.86	5.19	6.02	79.9	72.6	84.4	86.0	103.4	70.5
3.2	5.97	5.67	6.57	80.0	71.2	85.7	101.5	99.1	64.9
6.4	6.35	6.30	7.75	78.4	61.7	72.0	102.7	63.8	51.9
LSD (5%)	0.18	0.15	0.21	3.4	3.5	3.8	184	11.9	8.5

Source: 蔡永暉等, 1992⁽³⁰⁾

表 4. 暫定之蓮霧葉片養分適宜濃度範圍

Table 4. Tentative optimum ranges of leaf nutrient contents of wax apple.

Nutrient	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Na	B	Zn
s										
	------(%)-----					-----mg/kg-----				
Contents	1.25- 1.50	0.10- 0.12	1.15- 1.45	1.60- 2.00	0.16- 0.20	70- 120	100- 150	180- 250	40- 80	30 -50

Source: 陳、王, 1989⁽²⁴⁾

五、番荔枝

番荔枝(*Annonaceae spuiamosa* L.)係番荔枝科之熱帶果樹⁽¹⁶⁾，屬半落葉性小喬木，原產於南美及西印度群島，英名 sugar apple。2001 年全臺灣種植面積 5,527 公頃，產量達 42,680 公噸，以臺東縣為主要產區，其種植面積為 4,464 公頃，產量為 31,388 公噸。目前主要栽培品種計有：細鱗種、粗鱗種、軟枝種、都蘭種、紫色種與大目種等。由於番荔枝為臺東地區重要之經濟果樹，臺東區農業改場業將有關番荔枝栽培管理技術彙集成冊^(10, 16)。

張氏⁽¹⁶⁾指出番荔枝適合生長於砂質土、壤土或構造及排水良好之粘質壤土，且土壤 pH 值宜維持在 6.0-6.5 之間。依據前臺灣省政府農林廳編印之 1996 作物施肥手冊⁽²⁷⁾，番荔枝之三要素施肥推薦量如表 5。該等肥料分成三次分

別於 2-3 月底施用 20%-100%-20%；6-9 月施用 70%-0%-40%；而 10 月底施用 10%-0%-40%。另蘇氏等⁽³⁶⁾已建立番荔枝葉片營養診斷之取樣方法為於每年 12 月上旬採取非結果枝頂端算起第三或第四葉，而葉片養分標準濃度範圍如表 6。

此外，林氏等⁽⁸⁾調查發現臺東地區番荔枝果實黑點病之原因與鈣缺乏有關，且果皮鈣含量與罹病程度呈正相關，因此暫定鈣含量之診斷基準為幼果 700mg/kg，而夏期果及冬期果之果皮為 30 mg/kg（鮮重）或 900 mg/kg（乾重）。果實黑點病防治方法可以 0.3-0.5%氯化鈣及硝酸鈣水溶液行葉面施肥，每隔 5-7 天噴一次。另林氏等⁽⁹⁾探討臺東縣太平洋沿岸地區番荔枝葉片葉緣焦枯原因，經以比較距海岸不同距離之果園及比較套袋與否果實之鈉與氯含量後，證實係由鹽沫所造成。爰暫定葉片顯現病徵之氯(Cl)濃度為 7,000mg/kg；而鈉(Na)為 1,000 mg/kg 以上。林氏⁽¹⁰⁾並指出番荔枝葉片缺鎂之臨界濃度為 0.26%、而兩處果園之第 3 或第 4 葉片鎂含量分別為 7.8mg/kg、及 154mg/kg，均低於蘇氏所定之 200-350mg/kg 之標準濃度，且分別顯現嚴重及輕微之缺鎂徵狀。

表 5. 臺灣番荔枝三要素推薦量

Table 5. Recommended fertilization rates of N, P₂O₅, K₂O (g/tree/year) for sugar apples in Taiwan.

Tree age (year)	Recommended fertilization rates of N, P ₂ O ₅ , K ₂ O (g/tree/year)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2	100-150	100	100-150
4	350-500	200	250-500
6	450-650	300	450-500
8	700-1,000	400-500	700-1,000

Note: 1. Source: 作物施肥手冊，1996⁽²⁷⁾

2. For sandy soil or gravelly loam soil, the amount of N required should be increased by 20-30%.

表 6. 番荔枝葉片養分適宜濃度範圍

Table 6. Optimum ranges of leaf nutrient contents of sugar apples in Taiwan.

Nutrients	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu	B
Contents	----- (%) -----					----- mg/kg -----				
Tsu-lin	2.80 -3.10	0.13 -0.16	0.80 -1.10	3.50 -4.00	0.30 -0.50	80 -160	50 -90	15 -30	7 -13	30 -80
Pineapple	2.70 -3.10	0.12 -0.15	1.30 -1.60	1.50 -1.80	0.25 -0.45	60 -140	60 -100	15 -30	8 -16	25 -80

Source: 蘇等，1989⁽³⁶⁾

六、印度棗

印度棗 (*Zizyphus Manuritiana* Lam) 為原產於印度之熱帶果樹，英名 jujube，2001 年全臺灣之栽培面積為 1,679 公頃，產量 22,916 公噸，其中高屏地區占 1,470 公頃⁽¹⁾。

為建立印度棗營養診斷標準，林氏⁽²⁷⁾於 1997 至 1999 年間於高屏地區選擇 10 處管理良好之 6 至 8 年生高朗一號品種印度棗園，該等果園之果實產量每株均在 120 公斤以上，定期採樣調查其土壤肥力與葉片營養要素含量之經年變化。試驗結果顯示，自枝條末梢算起第 4 及 5 葉之氮、磷、鉀含量高於其下方之第 7 及 8 葉；而鈣、鎂含量則反之，以第 7 及 8 葉較高，此與其他果樹之情形相同^(7, 18, 21)。此外，自 1997 年 8 月至 1999 年 2 月間之葉片分析值經時變化結果顯示，10 至 11 月間果實採收始期，葉片中之氮、磷、鉀含量顯著降低，而鈣含量則增高，亦即此時之葉片要素含量經時變化較大，將增加取樣誤差。因此，筆者認為為減少分析值之取樣誤差，葉片採樣部位宜固定為自末梢算起第 4 及 5 葉，採樣時期則宜為 8 至 9 月間。惟原作者認為採樣時間宜訂為 11 月，而葉片營養要素標準濃度範圍則暫定如表 8。為進一步校準印度棗營養要素之標準濃度範圍，宜進行更廣泛之調查及三要素施肥量試驗，觀察果園之營養異常徵狀或果實產量與品質之表現，並與葉片分析值相互驗證。

表 7. 印度棗葉片養分適宜濃度範圍

Table 8. Optimum ranges of leaf nutrient contents of jujubes in Taiwan

Nutrients	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu	B
	------(%)-----					-----mg/kg-----				
Contents	2.77±	0.24±	1.72±	1.63±	0.31±	107±	286±	179±	23±12	32±9
	0.53	0.03	0.25	0.55	0.04	56	94	150		

Source: 林景和, 2001⁽⁷⁾

未來工作展望

土壤與植體分析營養診斷技術確為多年生果樹需肥診斷的利器之一，經由具代表性土壤與植體樣品之分析值，與經校準過之標準濃度範圍相互比對，可以診斷個別果園之土壤肥力與樹體營養現況，進而推薦經濟合理的施肥措施。回顧自 1981 年農業試驗所林家茶先生彙編「作物需肥診斷技術」⁽⁶⁾一書，為從事相關研究之後進們開啟了一扇門；迄至 1988 年農業試驗所設立「土壤及植體分析診斷服務中心」及 1989 年連深先生彙編「果園作物營養診斷應用研習會專輯」為止，在多位有志之士齊心努力之下，不到十年的時間

裡已先後建立了柑橘、葡萄、梨、枇杷、楊桃、芒果、蓮霧、番荔枝等八種臺灣重要經濟果樹之土壤與葉片營養診斷標準，而室內分析的效率也因分析儀器的進步而大幅提昇，並已展開全臺灣個別農戶之需肥診斷服務，相信只要能確實做好從取樣到分析診斷到施肥推薦的每一步驟，並且能在診斷服務的過程中，不斷自農民的回饋中汲取經驗，並赴現場複勘，必能精益求精，做到更準確之診斷與處方。

此外，果園使用有機質肥料甚為普遍，如何有系統的掌握各類有機質肥料的礦化速率，俾配合化學肥料適時適量施用，並開發省工省肥的施肥技術應該也是果園肥培管理研究的重點。

在本次為高雄區農業改良場建場百週年研討會所做的文獻回顧中，較1989年新增了荔枝及印度棗等兩種重要熱帶果樹之營養診斷標準，將可造福更廣大的果農。惟此等暫定標準仍待進一步擴大調查範圍或進行田間試驗予以較準，以提昇其應用性。此外，尚有若干重要果樹如番石榴、鳳梨釋迦等尚未建立診斷標準，還待有志之士進一步努力。期盼未來透過更精確的分析診斷，得以推薦農民經濟合理施肥措施，並輔導農民採行，以避免不必要的施肥浪費，並減輕環境負荷，達成矯正果園營養缺失，提昇果實產量與品質的目標。

結語

在文獻回顧中，筆者深深體會到若干重複出現的經驗，爰不揣淺陋，野人獻曝一番，提供未來從事果園需肥診斷研究的參考。

- 一、果樹營養診斷標準之建立雖可藉由廣泛的果園調查來達成，惟調查的點數必須夠多才可能建立可靠的常態分布曲線，進而據以訂定標準值或找出異常值。例如，筆者在校準柑橘之營養診斷標準時，每年均調查 80 處以上果園，且地點遍布全臺灣主要柑橘產區，於調查時並仔細記錄果園有無異常徵狀，俾與分析值相互印證。
- 二、每一種果樹葉片大量元素含量可能差異很大，但是其微量元素需要量之差異性通常有限。例如，筆者即發現柑橘、梨、葡萄、荔枝、芒果、桃、楊桃等成熟葉片之錳、鋅、硼含量如低於 20mg/kg，極可能呈現該等元素缺乏徵狀；另葉片銅如在 5mg/kg 以下，則呈現缺銅徵狀。
- 三、果園由於常採表面撒施、條施、點施、穴施等不均勻的方式施用三要素肥料，而且果樹的根系深廣，可自廣大的土壤中吸收養分，因此欲取得具代表性的果園土壤樣品並不容易，以致通常土壤有效性氮、磷、鉀等之分析值與葉片營養元素含量之相關性不佳。相反的，由於農民較少施用鈣或鎂肥，因此，如果樣本數夠多且土壤性質變異性夠大，則通常可

發現土壤交換性鈣鎂與葉片鈣鎂含量具顯著正相關。而表底土之 pH 值、有機質含量、質地、交換性鉀、鈣、鎂等分析值可提供很多有用基本資訊，應予以充分應用。

- 四、在調查葉片養分之季節性變化時，應固定調查特定植株及取樣部位，並且每一調查點之分析值應分開觀測，才能看出其季節性變化。
- 五、葉片採樣部位必須選澤清楚易辯認者，以避免取樣誤差。
- 六、果園常可能噴施含鐵、錳、銅、鋅之農藥或葉面噴施營養劑，因此葉片倘僅以清水清洗，可能無法清除殘餘物，而遭到污染，最好能先用稀釋之沙拉脫液快速洗過，再立刻以清水清洗。
- 七、應定期以標準樣品來檢查分析方法之準確度，另每批次均應重複分析若干上一批次之樣品以檢測分析值之再現性。

參考文獻

1. 行政院農業委員會. 2001. 農業統計年報.
2. 李雪如、謝慶昌、林慧玲、李國權. 2000. 金煌芒果果實生育期巨量元素及果肉劣變調查. 行政院農業委員會高雄區農業改良場研究彙報. 12(1): 12-25.
3. 沈商嶽、蔡永暉、邱祝櫻、黃明得. 1992. 不同栽培方法對印度棗產期及品質影響之研究. 高雄區農業改良場研究彙報. 4(1):16-21
4. 林木連. 1980. 臺灣香蕉土壤、肥料與植物營養之研究. 臺灣香蕉研究所十年工作報告. P. 66-76.
5. 林永鴻、許秋玫、葉俊賢. 2001. 玉荷包荔枝營養診斷技術研究. 行政院農業委員會高雄區農業改良場研究彙報. 12(2):25-36.
6. 林家茶. 1981. 作物需肥診斷技術. 臺灣省農業試驗所編印.
7. 林景和. 2001. 葉片營養診斷應用於印度棗之肥培管理研究. 土壤肥料試驗彙報. P. 1-8.
8. 林慶喜、張愛華、劉慧瑛. 1997. 番荔枝果實黑點病之原因探討. 臺東區農業改良場研究彙報. 8:51-68.
9. 林慶喜、張愛華、劉慧瑛. 1999. 番荔枝葉片枯焦原因調查. 臺東區農業改良場研究彙報. 10: 47-64.
10. 林慶喜. 2000. 肆、常見營養障害症. P. 49-58. 番荔枝栽培手冊. 黃明得主編. 行政院農業委員會台東區農業改良場編印.
11. 卓家榮. 1989. 芒果園慣行施肥量、土壤肥力及產量品質調查. P. 201-229.

- 77 年臺灣省農林廳土壤肥料試驗報告. 臺灣省農林廳編印.
12. 邱再發. 1976. 柑橘、梨及蘋果葉片營養診斷之研究. 中華農業研究. 25(3):214-225.
 13. 邱再發、張淑賢. 1983. 柑橘缺硼症之診斷與防治方法之研究. 中華農業研究. 32(2):161-171.
 14. 洪阿田、陳富英、林娟如. 1998. 蓮霧強剪除葉後肥培管理技術之研究. P.111-125. 76 年土壤肥料試驗報告. 臺灣省政府農林廳編印.
 15. 柯立祥. 1990. 15. 香蕉之營養與肥培管理. P.159-188. 臺灣省臺中區農業改良場特刊第 20 號. 「果樹營養與果園土壤管理研討會專輯」. 張林仁主編. 臺灣省臺中區農業改良場編印.
 16. 張茂盛. 2000. 參、果園土壤及肥培管理. P.33-48. 番荔枝栽培手冊. 黃明得主編. 行政院農業委員會台東區農業改良場編印.
 17. 張淑賢、黃維廷、連深. 1986. 荔枝營養之季節性變化與肥培管理之研究. 75 年土壤肥料試驗工作報告. 臺灣省政府農林廳編印.
 18. 張淑賢、黃維廷、連深. 1987. 柑橘經濟高品質肥培管理示範及葉片營養診斷標準之研究. 75 年度土壤肥料試驗報告. 臺灣省政府農林廳編印.
 19. 張淑賢、黃維廷、連深、吳婉麗. 1992. 土壤及葉片分析營養診斷應用於柑橘園肥培管理之研究. P.167-192. 80 年土壤肥料試驗報告. 臺灣省政府農林廳編印.
 20. 張哲瑋、許玉妹、李國權. 1990. 16. 芒果之無機營養與肥培管理. P.189-206. 臺灣省臺中區農業改良場特刊第 20 號. 「果樹營養與果園土壤管理研討會專輯」. 張林仁主編. 臺灣省臺中區農業改良場編印.
 21. 黃維廷、黃裕銘、向為民、張明暉、林木連、王鐘和、吳婉麗. 1998. 荔枝園營養診斷調查與營養診斷研究. 中華農業研究. 47(4):388-407.
 22. 連深、張淑賢、黃維廷、吳婉麗. 1989. 柑橘營養診斷之基礎及應用之現況. P.1-26. 臺灣省農業試驗所特刊第 28 號「果園作物營養診斷應用研習會專輯」. 杜金池、連深主編. 臺灣省農業試驗所及中華民國土壤肥料學會編印.
 23. 陳琦玲、連深. 1989. 果園土壤及葉片診斷資訊系統之初擬. P.85-115. 臺灣省農業試驗所特刊第 28 號「果園作物營養診斷應用研習會專輯」. 杜金池、連深主編. 臺灣省農業試驗所及中華民國土壤肥料學會編印.
 24. 陳富英、王銀波. 1989. 蓮霧之營養診斷及應用現況. P.27-40. 臺灣省農業試驗所特刊第 28 號「果園作物營養診斷應用研習會專輯」. 杜金池、連深主編. 臺灣省農業試驗所及中華民國土壤肥料學會編印.

25. 陳富英、鄧耀宗、林娟如. 1998. 高雄縣六龜地區金煌芒果果實病變問題之研究. 高雄區農業改良場研究彙報. 10(1):37-49.
26. 陳富英、林娟如、林博誠. 2001. 長期施用有機肥料與化學肥料對蓮霧生育、產量、品質及土壤性質之研究. 土壤肥料試驗彙報. P. 43-48.
27. 臺灣省政府農林廳. 1996. 作物施肥手冊. 臺灣省政府農林廳編印.
28. 劉銘峰. 1988. 芒果栽培. P. 29. 臺灣省政府農林廳編印.
29. 劉銘峰. 1999. 第二章 品種、引種及育種. P. 5-10. 「芒果綜合管理」. 楊秀珠等主編. 臺灣省農業藥物毒物試驗所編印.
30. 蔡永暉. 1992. 氮肥用量對蓮霧生育特性與土壤性質之影響. 高雄區農業改良場研究彙報. 3(2):69-81.
31. 蔡永暉. 1992. 以葉片分析診斷蓮霧樹需氮狀況與採樣部位探討. 高雄區農業改良場研究彙報. 4(1): 22-33.
32. 蔣世超、張春梅、陳美珍. 1996. 氮肥施用量對北蕉生育、產量與品質之影響. 中國園藝. 42(1): 68-77.
33. 蔣世超、陳美珍、張春梅、柯定芳. 1998. 四號複合肥料 (11-5.5-22) 用量對台蕉二號生育、產量與後熟品質之影響. 中國園藝. 44(2): 180-188.
34. 蔣世超、張春梅、陳美珍、柯定芳. 1999. 台肥四號複合肥料 (11-5.5-22) 用量對中矮性抗黃葉病香蕉品系 TC1-229 生育、產量與後熟品質之影響. 中國園藝. 45(3):255-262.
35. 蔣世超、張春梅、陳美珍、柯定芳. 2000. 台肥複合肥料對香蕉生育、產量與後熟品質之影響. 中國園藝. 46(2):183-190.
36. 蘇德銓、張茂盛、鄭秀美. 1989. 番荔枝之營養診斷及應用現況. P. 41-50. 臺灣省農業試驗所特刊第 28 號「果園作物營養診斷應用研習會專輯」. 杜金池、連深主編. 臺灣省農業試驗所及中華民國土壤肥料學會編印.
37. 羅瑞生、林順台. 1981. 荔枝三要素需要量試驗. 69 年土壤肥料試驗工作報告. P. 100-119. 臺灣省政府農林廳編印.
38. 羅瑞生、林烈輝、鄭榮賢. 1994. 坡地芒果園土壤管理與施肥改進. 高雄區農業改良場研究彙報. 6(1):42-52.

A Review and Future Prospective on Researches on Fertilization Management for Tropical Fruit Trees in Taiwan

Su-San Chang

International Cooperation Department Council of Agriculture, Executive Yuan,
ROC

ABSTRACT

The nutritional status of a fruit tree has decisive influence on the performance of fruit yield and quality. Either nutrient excess or deficiency can cause significant impact on fruit yield and quality. Whenever there is a shortage of any nutrient in the soil, farmers would have to be able to identify the shortage and supply timely the needed nutrient to the fruit tree before they can be guaranteed with a fruitful harvest.

In the past, most of the farmers in Taiwan would fertilize their orchard only base on their own experiences and thus frequently end up in overuse of fertilizers or an unbalanced fertilization. The consequences of it frequently are not just only a waste of fertilizers, but also may resulted in nutrient deficiency or excess in the fruit trees. In this regard, how to diagnose the nutritional status of a soil and the needs of the fruit trees grown on the soil in order to be able to design a rational and economic fertilization program has been set as one of the top research priorities in Taiwan. Many factors including climate, variety differences, age of the tree, yield level, soil fertility status, and the history of cultivation practices since planting, etc., may influence the nutritional status of a fruit tree. Therefore, it is necessary to take into account all these factors in the process of establishing the standards of soil testing and leaf diagnosis for recommending a specific fertilization program to meet the specific needs of each individual orchard.

This purpose of paper is to review the research progress made in the field of soil testing and leaf diagnosis to be applied to six major tropical fruit trees in Taiwan, including banana, wax apple, mangos, litchis, sugar apple and jujubes. In the end, the author will provide some personal perspectives for future researches and also would share some personal experiences in doing such kind of research.

Key Words: Tropical fruit trees, Banana, Wax apple, Mango, Litchi, Sugar apple, Jujube, Nutritional diagnosis, Fertilization management, Leaf analysis, and Soil analysis.